

# Részecskeütközések nagy pontosságú leírása

---

Somogyi Gábor

Wigner FK RMI Elméleti Osztály

# Bevezetés

---

# Mivel foglalkozik a részecskefizika?

A **részecskefizika alapvető kérdése**: miből van a világ és mi tartja egyben – vagyis melyek a legkisebb méretskálákon érvényesülő természettörvények?

- Melyek az anyag alapvető építőkövei?
- Milyen kölcsönhatások hatnak köztük?

Hogyan lehet ezeket a kérdéseket megválaszolni?

- Ha kíváncsiak vagyunk arra, hogy mi van valami belsejében és az alkotóelemei hogyan működnek, zúzzuk össze!



Ez a logika alapvetően működik az elemirészek világában is: az anyag felépítését és viselkedését a legkisebb méretskálákon **nagyenergiás részecskeütközések** tanulmányozásával tudjuk vizsgálni.

- Ugyanakkor a részecskefizika világában az ütközési folyamatok a hétköznapiénál sokkal **gazdagabbak**: részecskék tűnhetnek el és olyan **új részecskék keletkezhetnek**, amelyek nem alkotórészei az ütköző részecskéknek!

# Mit tudtunk meg eddig?

A szubatomi skálakon érvényesülő természettörvényekről meglévő jelenlegi legjobb ismereteinket a részecskefizika standard modellje foglalja össze.

## A részecskefizika standard modellje

- Az anyag 12 elemi építőköből épül fel (6 lepton + 6 kvark).
- Az építőkövek 3 alapvető módon hatnak kölcsön (elektromágneses, gyenge, erős).
- Az elemi részecskék a Higgs mechanizmus révén nyernek tömeget.

Az anyagi részecskék három családja (fermionok)

	I	II	III	
tömeg	2,3 MeV/c <sup>2</sup>	1,27 GeV/c <sup>2</sup>	178 GeV/c <sup>2</sup>	125 GeV/c <sup>2</sup>
töltés	2/3	1/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1
név	u-kvark	c-kvark	t-kvark	photon
				Higgs-bozon
Kvarkok				
0	1/3	2/3	1/3	0
1	2/3	1/3	2/3	1
2	1/3	2/3	1/3	2
3	2/3	1/3	2/3	3
d-kvark	s-kvark	b-kvark	g-nyug	
0	1/2	1/2	1/2	1/2
1	1/2	1/2	1/2	1/2
2	1/2	1/2	1/2	1/2
3	1/2	1/2	1/2	1/2
v <sub>e</sub>	v <sub>μ</sub>	v <sub>τ</sub>	Z-bozon	
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1
e	μ	τ	W <sup>+</sup>	
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1
2	1	1	1	1
3	1	1	1	1

Leptonok

Bozonok (közvetítőszerepek)

[Forrás: Wikipédia]

A **standard modell** rendkívül sikeresen írja le a részecskefizikai jelenségek széles körét. Például az elektron anomális mágneses momentuma:

- Mért érték:  $a_e^{\text{exp}} = (1159652180,73 \pm 0,28) \times 10^{-12}$
- Elméleti jóslat:  $a_e^{\text{SM}} = (1159652181,61 \pm 0,23) \times 10^{-12}$
- Az eltérés:  $\Delta a_e = a_e^{\text{exp}} - a_e^{\text{SM}} = (-0,88 \pm 0,36) \times 10^{-12}$
- Összehasonlításképpen, ez akkora pontosság, mintha egy teherautó tömegét egy homokszemnyi pontossággal ismernénk!

A **standard modell** rendkívül sikeresen írja le a részecskefizikai jelenségek széles körét.

## Mindent tudunk?

**NEM!** A standard modell nem lehet az elemirész-fizika végső modellje, hiszen nem ad magyarázatot számos megfigyelt jelenségre. A részecskefizika **nagy kérdései**:

- **Hogyan működik a gravitáció az elemirészek világában?**
- **Miből van a sötét anyag, mi lehet a sötét energia?**
- **Miért anyagból vagyunk és nem antianyagból?**
- **Miért olyan kicsi a neutrínók tömege?**
- **Miért pont ezeket a részecskéket és kölcsönhatásokat figyeljük meg?**
- ...

## Mi van a standard modellen túl?

Miért **érdemes** ezekre a kérdésekre keresni a válaszokat?

- Gyarapítjuk az egyetemes emberi tudást.
- A felfedezésükkor teljesen absztraktnak tűnő természettörvényeknek is lehetnek nem várt gyakorlati alkalmazási, pl. a GPS helyzetmeghatározás felhasználja a téridő görbületét leíró általános relativitáselméletet.
- A kutatás során rengeteg előre nem látható és tervezhető innováció születik, pl. world wide web, diagnosztikai képalkotás és sugárterápia, lézeres szemműtét, . . . .

**Mi van a standard modellen túl?** A válasz megtalálásának egyik legfontosabb eszköze a nagyenergiás elemirész-ütközési folyamatok tanulmányozása.

- nagyobb energia  $\Rightarrow$  kisebb méretskálák

**Az eszköz:** a Nagy Hadronütköztető (Large Hadron Collider, LHC), amely a laboratóriumi körülmények között eddig elért legnagyobb energiájú ütközések előállítására képes.

- A 27 km kerületű alagútban 50-175 méterrel a felszín alatt egymással szemben futó proton (vagy ion) nyalábokat gyorsítanak.
- A felgyorsított protonok sebessége mindössze 3,1 m/s-mal kevesebb a fény sebességénél (13 TeV teljes energia)!
- A berendezésben egyszerre mindössze egy homokszemcsényi térfogatú hidrogénnek megfelelő mennyiségű proton van, de a nyalábokban tárolt teljes energia 87 kg dinamitban tárolt energiával egyezik meg!
- A berendezés szupravezető mágneseit 96 tonna folyékony héliummal tartják 1,9 K hőmérsékleten. Az LHC tehát a Világegyetem egyik leghűvösebb helye. (Az űrben 2,73 K a hőmérséklet, ami a kozmikus háttérsugárzás hőmérséklete.)





## A pontosság szerepe

---

Alapvetően **egyszerű természettörvényekből bonyolult jelenségek** alakulhatnak ki. A helyes természettörvények felismeréséhez **fontos a jelenségek pontos megfigyelése.**

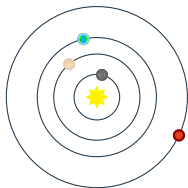
Ugyanilyen **fontos a precíz elméleti leírás is:** a feltételezett természettörvények mit jósolnak az adott jelenségre? Ez a jóslat összhangban van a megfigyeléssel? Ha nem, lehet, hogy új természettörvényt fedeztünk fel!

## Egy példa a régmúltból

A bolygók mozgására vonatkozó megfigyelések több évezredes múltra tekintenek vissza.

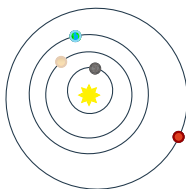
- Kopernikusz Nap–központú modelljének megjelenése idején (1500-as évek eleje), a megfigyelések pontossága  $\sim 10\text{--}100$  ívperc volt  $\Rightarrow$  a rendelkezésre álló adatokat kielégítően meg lehetett magyarázni **körpályák** (kombinációjának) feltételezésével.
- Az 1500-as évek végére Tycho de Brahe a megfigyelések pontosságát  $\sim 1$  ívpercre javította  $\Rightarrow$  a precízebb mérések nyomán Kepler megalkotta a bolygómozgás róla elnevezett törvényeit és felfedezte, hogy a bolygópályák **ellipszisek**.
- A Kepler által feltárt törvények mélyebb vizsgálata Newtont a **tömegvonzás** általános törvényének és a **klasszikus mechanika** alapelveinek felismeréséhez vezette.

Kopernikusz



Tycho de Brahe  
pontos mérései

Kepler/Newton



**Newton felfedezései alapvetően átalakították a tudományos világképünket!**

# Egy lecke a közelmúltból

Korai  $pp \rightarrow WW$  hatáskeresztmetszet mérések az LHC-n

- ATLAS @ 8 TeV [ATLAS-CONF-2014-033]

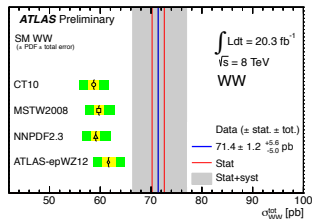
$$\sigma(pp \rightarrow WW) = 71.4^{+1.2}_{-1.2}(\text{stat})^{+5.0}_{-4.4}(\text{syst})^{+2.2}_{-2.1}(\text{lumi}) \text{ pb}$$

- Standard modell jóslat NLO pontossággal

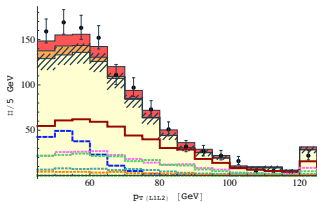
$$\sigma_{\text{NLO}}(pp \rightarrow WW) = 58.7^{+3.0}_{-2.7} \text{ pb}$$

- Hasonló eltérés a CMS-nél és 7 TeV-en

$$\Delta(\text{mérés/NLO, ATLAS+CMS}) \sim 3\sigma$$



Remek! Új részecske (szuperszimmetrikus csardzsínó) keletkezésének a jele.



[Phys. Rev. D 87 (2013) 3, 031701]

- csardzsínó párkeltés járuléka
- $m(\chi^\pm) = 110 \text{ GeV}$

DE! Biztos, hogy az elméleti modellezés elég pontos?

## Elméleti fejlemények

- Az eredeti elméleti számolásban elhanyagolt bizonyos új tagok (NNLO QCD korrekciók) figyelembevétele a jóslatot  $\sim +10\%$ -al növeli

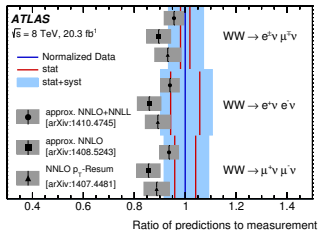
[Phys. Rev. Lett. 113 (2014) 21, 212001]

$\sqrt{s}$	$\sigma_{\text{inclusive}} [\text{fb}]$		$\sigma/\sigma_{\text{NLO}} - 1$	
	8 TeV	13 TeV	8 TeV	13 TeV
LO	425.41(4) $^{+2.8\%}_{-3.6\%}$	778.99 (8) $^{+5.7\%}_{-6.7\%}$	-31.8%	-35.4%
NLO	623.47(6) $^{+3.6\%}_{-2.9\%}$	1205.11(12) $^{+3.9\%}_{-3.1\%}$	0	0
NLO'	635.95(6) $^{+3.6\%}_{-2.8\%}$	1235.82(13) $^{+3.9\%}_{-3.1\%}$	+ 2.0%	+ 2.5%
NLO'+gg	655.83(8) $^{+4.3\%}_{-3.3\%}$	1286.81(13) $^{+4.8\%}_{-3.7\%}$	+ 5.2%	+ 6.8%
NNLO	690.4(5) $^{+2.2\%}_{-1.9\%}$	1370.9(11) $^{+2.6\%}_{-2.3\%}$	+10.7%	+13.8%

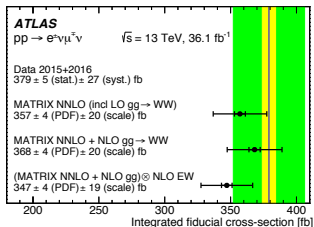
[JHEP 08 (2016) 140]

- Az analízis egyéb elemeinek (pl. a háttér elnyomásához használt dzset-vétó) megfelelő modellezésében is fontos szerepet játszanak az eredetileg elhanyagolt tagok.

A végső összehasonlítás 8 TeV-en, illetve 13 TeV-en



[JHEP 09 (2016) 029]



[Eur. Phys. J. C 79 (2019) 10]

Ugyan **nem találtunk új részecskét**, de levonhatunk fontos **tanulságokat**:

- A **pontos és megfelelően kontrollált** elméleti jóslat alapvető fontosságú.
- A szokásos (NLO) pontosságú számolásokban **elhanyagolt tagok** (magasabb rendű perturbatív járulékok) szerepe jelentős lehet.

## Részecskeütközések pontos leírása

---

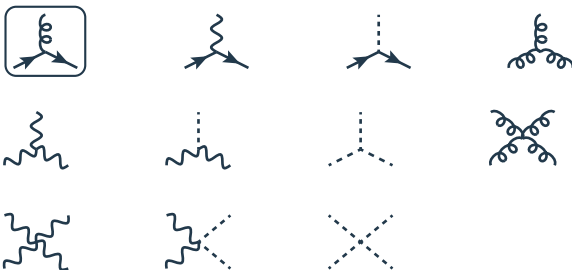
# Részecskék és kölcsönhatások

A szubatomi részecskék és kölcsönhatásaik leírására szolgáló elméleti keret a **kvantumtérelmélet**. A kvantumtérelmélet bizonyos alapvető egyenleteit le tudjuk írni grafikus formában:

- A különböző részecskéket más-más vonallal reprezentáljuk

$$q, l : \longrightarrow \quad \gamma, W^\pm, Z^0 : \text{~~~~~} \quad g : \text{~~~~~} \quad H : \text{-----}$$

- Így a lehetséges kölcsönhatásokat is ki tudjuk fejezni grafikusan. A kölcsönhatásokat szemléltető grafikus elemeket **vertexnek** nevezük. Például a bekeretezett diagramm azt fejezi ki, hogy egy kvark el tud nyelni vagy ki tud bocsátani egy gluont.





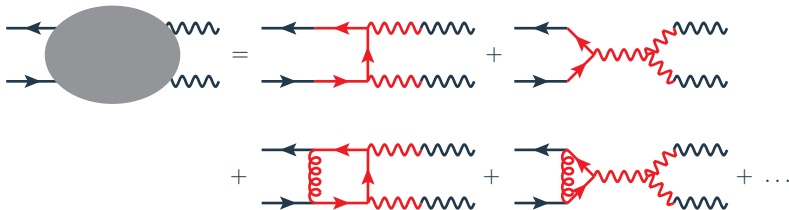
Ezen a grafikus nyelven le tudjuk írni a lehetséges részecskeütközési folyamatokat.

- Először lerajzoljuk az ütközésben résztvevő összes bejövő és kimenő részecskéhez tartozó vonalat.
- Ezután a diagrammok által megengedett minden lehetséges módon összekötjük a vonalakat úgy, hogy mindegyik csatlakozzon a végső diagrammhoz. Ehhez új vonalakat kell rajzolnunk, amelyek a diagrammon belül indulnak és végződnek.
- Pl.  $qq \rightarrow WW$  szórás



Ezen a grafikus nyelven le tudjuk írni a lehetséges részecskeütközési folyamatokat.

- Először lerajzoljuk az ütközésben résztvevő összes bejövő és kimenő részecskéhez tartozó vonalat.
- Ezután a diagrammok által megengedett minden lehetséges módon összekötjük a vonalakat úgy, hogy mindegyik csatlakozzon a végső diagrammhoz. Ehhez új vonalakat kell rajzolnunk, amelyek a diagrammon belül indulnak és végződnek.
- Pl.  $qq \rightarrow WW$  szórás



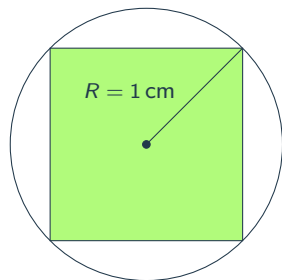
- A felrajzolt diagrammokhoz matematikai kifejezéseket lehet rendelni. Egy diagramm járuléka általában annál kisebb, minél több vertexet tartalmaz.

Mivel egy adott részecskeütközési folyamathoz tartozó diagrammok járuléka annál kisebb, minél több vertexet tartalmaz, ezért a diagrammokat érdemes a **vertexek száma szerint** rendezni. Ezután a teljes eredményt **becsülhetjük** úgy, hogy valamennyi számú vertex után a további járulékokat elhanyagoljuk.

- Amennyiben csak a lehető legkevesebb vertexet tartalmazó diagrammokat vesszük figyelembe, vezető rendű számolásról beszélünk. Az angol „leading order”-ből ezt LO pontosságú számolásként is szokás emlegetni.
- Következő legkevesebb vertexet tartalmazó diagrammok járulékát elsőrendű korrekciónak nevezzük. Az angol „next-to-leading order”-ből ekkor NLO pontosságú számolásról beszélünk.
- Hasonlóan beszélhetünk másod-, harmad-, általában pedig magasabb rendű korrekciókról. Ezek figyelembevétele esetén NNLO,  $N^3$ LO, stb. pontosságú számolásról beszélünk.

A teljes eredmény ilyen módon történő közelítését **perturbációszámításnak** nevezzük. Az így kapott eredmények (elvileg) szisztematikusan javíthatóak további, magasabb rendű korrekciók kiszámolásával.

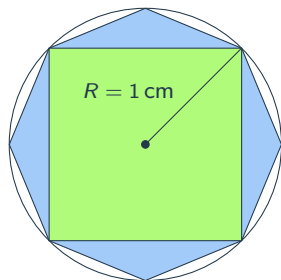
Próbáljuk meg kiszámolni egy egység sugarú kör területét!



- „Vezető rendben” közelítsük a kört négyzettel!  
Megmutatható, hogy

$$T_{LO} = T_{\text{zöld}} = 2 \text{ cm}^2$$

Próbáljuk meg kiszámolni egy egység sugarú kör területét!



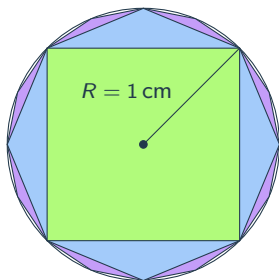
- „Vezető rendben” közelítsük a kört négyzettel!  
Megmutatható, hogy

$$T_{LO} = T_{\text{zöld}} = 2 \text{ cm}^2$$

- Az első korrekciót a négy kék háromszög területe jelenti

$$T_{NLO} = T_{\text{zöld}} + T_{\text{kék}} = 2\sqrt{2} = 2.83 \text{ cm}^2$$

Próbáljuk meg kiszámolni egy egység sugarú kör területét!



- „Vezető rendben” közelítsük a kört négyzettel!  
Megmutatható, hogy

$$T_{LO} = T_{zöld} = 2 \text{ cm}^2$$

- Az első korrekciót a négy kék háromszög területe jelenti

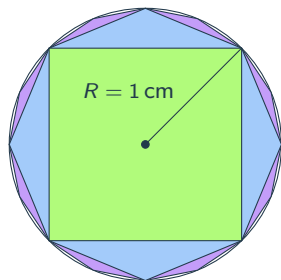
$$T_{NLO} = T_{zöld} + T_{kék} = 2\sqrt{2} = 2.83 \text{ cm}^2$$

- A második korrekciót a nyolc lila háromszög területe adja

$$T_{NNLO} = T_{zöld} + T_{kék} + T_{lila} = 4\sqrt{2 - \sqrt{2}} = 3.06 \text{ cm}^2$$

# Perturbációszámítás: egy szemléletes példa

Próbáljuk meg kiszámolni egy egység sugarú kör területét!



- „Vezető rendben” közelítsük a kört négyzettel! Megmutatható, hogy

$$T_{LO} = T_{zöld} = 2 \text{ cm}^2$$

- Az első korrekciót a négy kék háromszög területe jelenti

$$T_{NLO} = T_{zöld} + T_{kék} = 2\sqrt{2} = 2.83 \text{ cm}^2$$

- A második korrekciót a nyolc lila háromszög területe adja

$$T_{NNLO} = T_{zöld} + T_{kék} + T_{lila} = 4\sqrt{2 - \sqrt{2}} = 3.06 \text{ cm}^2$$

A pontos eredmény  $T_{\text{kör}} = R^2\pi = 3.14 \text{ cm}^2$ , ezt az LO, NLO és NNLO pontosságú számolásunk rendre 36%, 10% és 2,5%-os pontossággal adja vissza. Vegyük észre, hogy

- a perturbatív rend növelésével nő a pontosság,
- de a számolás (és a kapott eredmény szerkezete) rendről–rendre egyre bonyolultabb.

A perturbációszámítás konkrét alkalmazása a részecskeütközési folyamatok leírására két alapvető problémát vet fel.

1. Ki kell értékelni a folyamatot, pl.  $qq \rightarrow qq$ , leíró diagrammokhoz tartozó matematikai kifejezéseket. Ez általában nagyon nehéz, ha a diagrammokban több zárt hurok van.

$$\begin{array}{c}
 \text{---} \\
 | \\
 \text{---} \\
 LO_2
 \end{array}
 + \left(
 \begin{array}{c}
 \text{---} \\
 | \\
 \text{---} \\
 NLO_2
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{---} \\
 | \\
 \text{---} \\
 NLO_3
 \end{array}
 \right)
 + \left(
 \begin{array}{c}
 \text{---} \\
 | \\
 \text{---} \\
 NNLO_2
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{---} \\
 | \\
 \text{---} \\
 NNLO_3
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 \text{---} \\
 | \\
 \text{---} \\
 NNLO_4
 \end{array}
 \right)
 + \dots$$

A végállapotban extra részecskét tartalmazó diagrammok azért jelennek meg, mert az extra részecske a folyamatban „el tud bújni”: ha nagyon kicsi az energiája, vagy a lendülete párhuzamos egy másik részecske lendületével, nem vesszük észre, ami pont olyan, mintha a kibocsátása után el is nyelődne, mint a hurok diagrammokban.

2. A kapott járulékokat össze kell adni. Habár adott rendben az összes járulék összege véges, az egyes járulékok külön-külön naivan végtelenek adódnak!

$$\begin{array}{l}
 LO_2 = \text{véges} \\
 NLO_2 + NLO_3 = \text{véges} \quad \text{DE} \quad NLO_{2,3} = \infty \\
 NNLO_2 + NNLO_3 + NNLO_4 = \text{véges} \quad \text{DE} \quad NNLO_{2,3,4} = \infty
 \end{array}$$



**A probléma:** a véges magasabb rendű korrekciók olyan járulékok összegei, amelyek külön-külön végtelenek!

**Világos,** hogy bármilyen konkrét számolás előtt a megjelenő végteleneket konzisztens módon kezelni kell.

**Hogyan lehet a számolást a gyakorlatban elvégezni?**

A magasabb rendű perturbatív korrekciók kiszámolása során megjelenő végtelenek kezelésének egy általános módja az úgynevezett **levonási módszer**.

### Ötlet

Alkalmasan megválasztott **ellentagok** segítségével rendezzük át a végteleneket a teljes magasabb rendű korrekció egyes járulékai között olyan módon, hogy az átrendezés után minden járulék külön-külön is véges legyen!

## A levonási módszer: egy példa

Ki szeretnénk számolni az alábbi két síkidom területének a különbségét. Habár mindkét síkidom területe külön-külön végtelen, a különbség véges!

$$T = \underbrace{\text{blue shape}}_{\infty} - \underbrace{\text{green shape}}_{\infty} = \text{véges}$$


## A levonási módszer: egy példa

Ki szeretnénk számolni az alábbi két síkidom területének a különbségét. Habár mindkét síkidom területe külön-külön végtelen, a különbség véges!

$$T = \underbrace{\text{blue shape}}_{\infty} - \underbrace{\text{green shape}}_{\infty} = \text{véges}$$

**Ötlet:** vágjuk ki ugyanazt az alkalmasan választott végtelen területű darabot mindkét síkidomból!

$$T = \left( \underbrace{\text{blue shape} - \text{hatched shape}}_{\text{véges}} \right) - \left( \underbrace{\text{green shape} - \text{hatched shape}}_{\text{véges}} \right) = \text{véges}$$

## A levonási módszer: egy példa

Ki szeretnénk számolni az alábbi két síkidom területének a különbségét. Habár mindkét síkidom területe külön-külön végtelen, a különbség véges!

$$T = \underbrace{\text{[blue shape]}}_{\infty} - \underbrace{\text{[green shape]}}_{\infty} = \text{véges}$$

**Ötlet:** vágjuk ki ugyanazt az alkalmasan választott végtelen területű darabot mindkét síkidomból!

$$T = \left( \underbrace{\text{[blue shape with hatched cutout]} - \text{[blue hatched cutout]}}_{\text{véges}} \right) - \left( \underbrace{\text{[green shape with hatched cutout]} - \text{[green hatched cutout]}}_{\text{véges}} \right) = \text{véges}$$

Ezután mindkét síkidom területe véges és a kivonás most már minden további nélkül elvégezhető.

$$T = \text{[blue shape with cutout]} - \text{[green shape with cutout]} = \text{véges}$$

A levonási módszert lehet alkalmazni a részecskeütközési folyamatok leírása során fellépő végtelenek kezelésére is.

- A végtelenek eredete és szerkezete ismert, ezért a levonandó járulék általános alakját (elvileg) meg lehet adni.
- A levonási tagok tényleges megszerkesztése NLO pontosságon túl technikailag nagyon nehéz és egy minden szempontból kielégítő megoldás jelenleg nem ismert.

A levonási tagok megszerkesztésének egy lehetséges módja a CoLoRFuIINNLO eljárás használata.

[Del Duca, SG, Trócsányi 2006-16]

- A módszert részletesen kidolgoztuk elektron–pozitron ütközések esetére.
- A következő feladat az eljárás általánosítása elektron–proton és proton–proton ütközésekre: **folyamatban!**

## A CoLoRFuINNLO módszer alkalmazásai

- Higgs-bozon bomlása (tömeges) b-kvark párra NNLO rendben

[Del Duca, Duhr, SG, Tramontano, Trócsányi 2015;  
SG, Tramontano 2020]

- alakváltozók és átlagaik az  $e^+e^- \rightarrow 3j$  folyamatban NNLO rendben

[Del Duca, Duhr, Kardos, SG, Trócsányi 2016;  
Del Duca, Duhr, Kardos, SG, Szőr, Trócsányi, Tulipánt 2016;  
Kardos, SG, Verbytskyi 2020]

- $pp \rightarrow VH \rightarrow \bar{l}l b\bar{b} + X$  keltés az LHC-n NNLO rendben

[Ferrera, SG, Tramontano 2018]

- energia–energia korreláció és az erős csatolás megmérése

[Del Duca, Duhr, Kardos, SG, Trócsányi 2016;  
Tulipánt, Kardos, SG 2017;  
Kardos, Kluth, SG, Tulipánt, Verbytskyi, 2018]

- fészült alakváltozók az  $e^+e^- \rightarrow 3j$  folyamatban NNLO rendben

[Kardos, SG, Trócsányi 2018]

- dzset ráták és az erős csatolás megmérése

[Verbytskyi, Banfi, Kardos, Monni, Kluth, SG, Szőr, Trócsányi,  
Tulipánt, Zanderighi 2019]

# Összefoglalás

---



A nagyenergiás **részecskeütközések nagy pontosságú leírása fontos** az anyag alapvető szerkezetének, illetve az elemi építőkövek között ható kölcsönhatások megismerése szempontjából.

A kellő elméleti pontosság elérése sok esetben szükségessé teszi a magasabb rendű (NNLO) perturbatív korrekciók kiszámítását.

A magasabb rendű korrekció kiszámítása két alapvető problémát vet fel.

1. Ki tudjuk-e számolni a releváns járulékokat?
2. Fel tudjuk-e használni azokat tényleges fizikai mennyiségek kiszámítására?

A számítás során a közbenső lépésekben végtelen mennyiségek lépnek fel.

**CoLoRFuINNLO** módszer:

- levonási eljárás a végtelen járulékok konzisztens kezelésére
- általánosan használható elektron–pozitron ütközésekben
- proton–proton ütközésekre történő megfogalmazása folyamatban van

**Köszönöm szépen a figyelmet!**